

UNTERSUCHUNGEN
ZUR BLUTALKOHOLBESTIMMUNG
MIT VERSCHIEDENEN METHODEN

ANNETTE HOFFMANN

1973
—

Druck- und Verlagsanstalt
Werner Blasaditsch · 89 Augsburg · Theodor-Heuß-Platz 3 · Telefon (0821) 25563
Printed in Germany

AUS DEM INSTITUT FÜR RECHTSMEDIZIN UND
VERSICHERUNGSMEDIZIN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. W. Spann

UNTERSUCHUNGEN ZUR BLUTALKOHOLBESTIMMUNG MIT
VERSCHIEDENEN METHODEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
ANNETTE HOFFMANN
geb. Pauly
aus München

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent:	Priv. Doz. Dr. E. Liebhardt
Koreferent:	Prof. Dr. W. Spann
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 13.3.1973



I N H A L T

A. Einleitung

B. Beurteilung der Widmark-, ADH- und GC-Methode in der Literatur

1. Spezifität
2. Genauigkeit
3. Einfachheit
4. Umrechnungsfaktoren
5. Einflüsse durch längere Lagerung
 - 5.1. Wasserverschiebungen
 - 5.2. Fäulnis
6. Bedeutung der Anwesenheit von anderen flüchtigen Stoffen in der Blutprobe
 - 6.1. Fuselalkohole
 - 6.2. Acetaldehyd
 - 6.3. Aceton

C. Methodik

1. Theorie
 - 1.1. Prinzip
 - 1.2. Aufbau und Funktion eines Gaschromatographen
 - 1.3. Auswertung
2. Gaschromatographie und Blutalkoholbestimmung
 - 2.1. Verfahren nach Machata
 - 2.2. GC-Automat Multifrakt F 40
 - 2.3. Probenvorbereitung
 - 2.4. Arbeitsbedingungen
 - 2.5. Auswertung

D. Eigene Ergebnisse

1. Eichkurve
2. Auswertung
 - 2.1. Proben mit Alkoholgehalt über 0,15 ‰
 - 2.2. Proben mit Alkoholgehalt unter 0,15 ‰

2.3. Absolute Abweichung in Abhängigkeit von der Alkohol-
Konzentration

2.4. Andere flüchtige Stoffe

2.4.1. Methanol, Acetaldehyd, Aceton

2.4.2. Weitere Fuselalkohole

E. Diskussion

1. Beurteilung von Spezifität, Genauigkeit und Einfachheit
an Hand der eigenen Ergebnisse

2. Beurteilung der eigenen Ergebnisse

2.1. Ungenauigkeiten durch Umrechnung

2.2. Veränderungen durch Fäulnis

2.3. Bedeutung von Acetaldehyd und Aceton für die Blut-
alkoholbestimmung

F. Zusammenfassung

G. Literatur

A. E I N L E I T U N G

Im Hinblick auf die Bedeutung, die ein Blutalkoholwert als Beweismittel vor Gericht hat, sind laut dem Gutachten des Bundesgesundheitsministeriums von 1966 folgende Anforderungen an eine Bestimmungsmethode zu stellen:

"Das Verfahren muß:

1. ausreichend spezifisch sein;
2. unter laufender fachlicher Aufsicht in der Hand geschulten technischen Hilfspersonals zuverlässige, jederzeit reproduzierbare Ergebnisse erbringen;
3. angesichts der großen Zahl und unterschiedlichen Besetzung und Ausrüstung der damit befaßten Untersuchungsstellen in der Bundesrepublik auch von weniger Erfahrenen angewendet werden können und unter geeigneten Kautelen auch dort forensisch zuverlässige Resultate erbringen."

Außerdem muß es auch auf kleinere Blutmengen anwendbar sein. Nach dem Gutachten erfüllen die in der forensischen Praxis jahrelang routinemäßig durchgeführten Widmark- und das seit 1954 in Bayern als Zweituntersuchung eingeführte ADH-Verfahren diese Forderungen völlig ausreichend. Die im Laufe der letzten Jahre entwickelte gaschromatographische Methode zur Blutalkoholbestimmung scheint jedoch diese beiden Verfahren noch weit an Spezifität, Genauigkeit und Einfachheit zu übertreffen. In der vorliegenden Arbeit sollen diese drei Verfahren verglichen werden.

B. DIE BEURTEILUNG DES WIDMARK-, ADH- UND GC-VERFAHRENS

IN DER LITERATUR

1. Spezifität:

1.1. Widmark.

Das 1922 erstmals und ausführlicher 1932 und 1934 beschriebene Widmark-Verfahren gilt als nur bedingt spezifisch. Wegen der Wichtigkeit für die Rechtssprechung existieren darüber eine Unmenge von Untersuchungen (2). Die Autoren prüften dabei flüchtige, reduzierende Substanzen, die als Stoffwechselprodukte, durch Inhalation bzw. Einnahme oder nachträgliche Verunreinigung in der Blutprobe gefunden werden könnten. Solche, von dem Widmark-Verfahren miterfaßte Stoffe sind unter anderen: Aceton, Acetaldehyd, Milchsäure, verschiedene gewerbliche Gase und Lösungsmittel, Narkosemittel, Fuselalkohole, andere Getränke und Nahrungsmittel, sowie Medikamente wie Penicillin. Endogener, durch einen Stoffwechselnebenweg im menschlichen Körper entstehender Äthylalkohol überschreitet nie 0,0024 ‰ (3). Im Blut von nüchternen Personen kann man allerdings einen Reduktionswert von 0,01 - 0,05 ‰ finden (3), was neben dem endogenen Alkohol und dem Acetaldehyd hauptsächlich dem Aceton zuzuschreiben sein dürfte. Auch Krankheiten wie Diabetes mellitus (Ketonkörper), Lebercirrhose, Schädeltraumen (3) oder Schock ("Schock-aceton") könnten den Widmark-Wert beeinflussen. Die Autoren kommen jedoch zu dem einheitlichen Schluß, daß unter physiologischen, mit dem Leben noch zu vereinbarenden Bedingungen keine

erheblichen Verfälschungen des Widmark-Wertes auftreten, d.h. daß sich Abweichungen unter diesen Umständen innerhalb der Fehlergrenze bewegen.

1.2. ADH.

Bei der Betrachtung der ADH-Methode zeigt sich, daß deren Ergebnisse wegen der höheren Spezifität im Mittel niedriger liegen. Entsprechende Untersuchungen (2) ergaben, daß durch dieses Verfahren grundsätzlich auch Fuselalkohole wie Methanol, Allylalkohol, n-Propanol, n-Butanol, iso-Propanol und Ester, aus deren Abbau einer dieser Alkohole entsteht, nachgewiesen werden können. Hinzu kommt, daß das bei der Analyse benötigte Reagenz Semicarbacid den Abbau von Estern begünstigt. Isopropanol entsteht außerdem auch in geringen Mengen durch die Reduktion von Aceton (2). Andererseits sind Fuselalkohole nach H. Brandenburger und H. Hartmann in der Lage, die Enzymaktivität zu hemmen (7). Auch andere Alkohole können noch mit Hilfe der Methode nachgewiesen werden, die aber forensisch nicht von Bedeutung sind. Nasilowski fand bei Blut, das mit Strepto mycin in Berührung gekommen war, positive ADH-Werte (2). Die Ferment methode ist also lediglich alkoholgruppenspezifisch. Dieser Mangel wird aber von Weinig und Mitarbeitern als praktisch belanglos angesehen, da diese anderen Alkohole wesentlich langsamer oxidiert werden und auch kaum in Blutproben vorkommen. "Nur die Einatmung von Äthanol, und zwar unter extremen, nahezu unerträglichen Bedingungen, kann einen merklichen An-

stieg des ADH-Wertes bis etwa 0,2 ‰ herbeiführen (1).

1.3. GC-Methode.

Spezifisch für Äthanol ist bei geeigneter Wahl der Säule die Gaschromatographie nach der head-space-Methode.

1956 wurde erstmals von Wolthers die Gaschromatographie zum Nachweis von Alkoholen in biologischem Material angewandt. 1958/59 stellten Maricq und Molle die ersten Versuche zur routinemäßigen Ermittlung von Blutalkoholkonzentrationen nach dieser Methode an, und 1963 schlug Machata die Bestimmung in der Gasphase vor (2). Im Gegensatz zur ADH-Methode und anderen gaschromatographischen Modifikationen werden hier sogar die häufiger vorkommenden Alkohole Methanol und Isopropanol mit ähnlicher Retentionszeit wie Äthanol und tert.-Butanol abgegrenzt. Lediglich einige seltenere Lösungsmittel können verfälschen. Aus Untersuchungen mit dem GC-Automaten Perkin-Elmer Multifrakt F 40 und unter Benutzung der Hallcomid-Säule geht hervor: Tetrahydrofuran und Methyläthylketon können nicht von Äthanol abgetrennt werden, und Tetrachlorkohlenstoff sowie 1,1,1-Trichloräthylen überlagern sich mit dem tert.-Butanol (19). Von vorherigen Analysengängen verschleppte Stoffe wurden nicht festgestellt, da nach gewisser Anlaufzeit des FID die Nulllinie immer konstant blieb.

2. Genauigkeit.

2.1. Widmark und ADH.

Viele Autoren haben sich mit der Genauigkeit der beiden klassi-

schen Methoden beschäftigt (2). Repräsentativ ist ein Großversuch, den Krauland und Vidic im Auftrag des Bundesgesundheitsamtes starteten (1). Fehler, die durch unterschiedliche Besetzung und Ausrüstung der verschiedenen Untersuchungsstellen verursacht sind, sollten dabei eingeschlossen sein: Von zentraler Stelle eingestellte wässrige Alkohollösungen wurden an 12 verschiedene Institute zur Analyse verschickt. Die Auswertung der rund 11 000 Einzelwerte von 2 100 Einzelproben ergab, daß der Fehler die Grenze von $\pm 0,05$ % nicht überschritt, und die Streuung bei Verwendung des arithmetischen Mittels von 3 Widmark- und 2 ADH-Werten, sowie bei ständiger institutsinterner Kontrolle zur Vermeidung systematischer Fehler, sehr klein gehalten werden kann. Dieser Kontrollversuch läßt allerdings solche Fehler außer Acht, die durch die Bluts substanz und ihre verschiedene Zusammensetzung entstehen können.

2.2. GC-Methode.

Die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit wurde von mehreren Autoren untersucht: In einem von Machata (12) ausgeführten Test von 30 Blutproben errechnete er eine Standardabweichung von $\pm 0,63$ % und einen Streubereich von $\pm 1,89$ %. An anderer Stelle (20) ist eine relative Standardabweichung von 0,5 % für den gesamten Analysengang von allerdings wässrigen Alkohollösungen angegeben. Die Streuung ist bei Blutanalysen größer als bei wässrigen Lösungen, entspricht aber in ihrem Ausmaß der der klassischen Methoden (18). Noch größere Genauigkeit verspricht

ein neuerer Vorschlag Machatas, die Auswertung des Chromatogramms mit Hilfe eines Computers zu automatisieren. Persönliche Fehler durch ungenaues Ablesen, Berechnen und Umrechnen des Quotienten fallen damit weg (16). Eingehendere Untersuchungen des Verfahrens stammen von G. Hauck und H. P. Terfloth. Sie beziehen sich auf Einflüsse von Wasserbadtemperatur, NaF-Lösung, unterschiedlichen Serumkonzentrationen und der Gesamtmenge der Analysenflüssigkeit. Es wurden dabei keine erheblichen Abweichungen festgestellt. Konzentrationsverschiebungen, die durch wechselseitiges Verdünnen der Probe und des inneren Standards bei der Bereitung der Analyse entstehen, bedingen allerdings eine nicht unerhebliche mittlere Schwankung von $\pm 0,7 \%$. Dieser Wert läßt sich aus der mittleren Pipettierungenauigkeit der Marburgpipetten von $\pm 0,5 \%$ errechnen (17). Nach den Autoren wird dieser Fehler aber durch die vielen anderen Vorteile eines inneren Standards aufgewogen.

3. Einfachheit:

Je einfacher ein Verfahren, desto unabhängiger wird es von Störeinflüssen und persönlichen Fehlern, denn "die alle unerheblichen Fehler durch ungenaues Arbeiten oder Störsubstanzen, können sich erheblich summieren"(1). Die Beurteilung eines Verfahrens daraufhin ergibt sich aus der Methodik und wird in der Literatur nicht extra behandelt. Grundsätzlich läßt sich hierzu sagen, daß das Widmark-Verfahren viele einzelne Handgriffe beinhaltet, wobei die Titration als der ungenaues-

te Teil gilt (2).

Das ADH-Verfahren kommt mit weniger Arbeitsgängen aus, gilt aber als komplizierter und stör anfälliger (22).

Die GC-Methode ist darin den beiden klassischen Methoden weit überlegen, insbesondere, wenn eventuell noch von der automatisierten Auswertung des Chromatogramms nach Machata (16) Gebrauch gemacht wird.

4. Umrechnungsfaktoren:

4.1. Widmark.

Der Widmarkfaktor berücksichtigt die Tatsache, daß der Wassergehalt des Serums höher ist als der des Vollbluts und damit die Konzentration des wasserlöslichen Äthanol im Serum auch größer ist. Er wird für Serum mit $1.17 \pm 0,06$ angegeben (2), während als Idealdivisor für hämolytisches Serum $1,08 \pm 0,042$ gilt. Da die Wasserkonzentration, besonders bei Leichenbluten, Schwankungen unterliegt, wird der Widmarkfaktor als Mittelwert sicher nicht immer der vorliegenden Situation gerecht.

4.2. ADH.

Da die Abmessung des Blutes volumetrisch gescheit, müssen die ADH-Werte zusätzlich mit dem spezifischen Gewicht der benutzten Untersuchungsflüssigkeit dividiert werden, was eine zusätzliche Fehlerquelle bedeutet.

4.3. GC-Methode.

Problematischer noch ist die Festsetzung des richtigen Umrech-

nungsfaktors bei der GC-Methode. Er bezieht sich nicht nur auf den unterschiedlichen Wassergehalt und das spezifische Gewicht, sondern soll auch noch die Beeinflussung des Dampfdrucks durch die verschiedene Zusammensetzung der Proben berücksichtigen. Schwankungen dieser Parameter wirken sich deshalb nachhaltiger aus. Versuche von Harger und Mitarbeiter dokumentieren die besonders bei höheren Temperaturen empfindlichen Abweichungen des Dampfdrucks bei Blut- oder Serumproben von dem wässriger Lösungen (2). Einer Lösung dieses Problems kommt vielleicht neuerdings Machata nahe, der in seinem Vortrag in Köln (Okt. 1971) einen gleitenden Faktor vorschlug: Da sich die beobachteten Schwankungen des Butanolpeaks nicht allein durch die Ungenauigkeit des Dosiervorgangs und der Mikropipette erklären ließen, bezog er die Abweichungen auch auf eine Änderung des Dampfdrucks und errechnet daraus mit Hilfe eines Computers den wahren Umrechnungsfaktor.

5. Einflüsse durch längere Lagerung der Blutproben.

5.1. Steigleder (13) beobachtete bei länger gelagerten Blutproben Wasserverschiebungen zwischen Blutkuchen und darüberstehender Serumflüssigkeit: Der Blutkuchen reicherte Wasser an, während sich der Feuchtigkeitsgehalt des Serums dem des Vollbluts näherte. Die Nichtbeachtung dieser Tatsache kann erhebliche Umrechnungsfehler verursachen. Besonders schwer sind Vorgänge im Leichenblut abzuwägen, da schon die anfängliche Zusammensetzung, abhängig von der Todesart und Blutentnahmezeit post mortem, sehr

variabel ist.

5.2. Mit einer Neubildung oder einem Abbau von Alkohol durch Fäulnisbakterien muß bei Lagerung, vor allem von Leichenbluten, grundsätzlich gerechnet werden, auch wenn die Blutproben ordnungsgemäß mit Gummistopfen versehen und im Kühlschrank aufbewahrt wurden (2). Weinig und Lautenbach (10) fanden schon nach mehr als 6 Tagen Alkoholneubildung bis zu 1,0 ‰ nach Widmark, wobei der ADH-Wert bis zu 0,3 ‰ höher liegen kann als der wahre Äthanolwert. Beide Verfahren sind deshalb nicht als einzige Untersuchungsmethode für gelagerte Blute geeignet.

Nach Untersuchungen mit dem Gaschromatographen (11) ließ sich der neugebildete Alkohol folgendermaßen aufteilen: Äthanol, n-Propanol und iso-Propanol kamen stets, und n-Butanol, s-Butanol, Isoamylalkohol und iso-Butanol kamen seltener vor. Methanol war zu 5 ‰ beteiligt. Von der Menge der vorhandenen Fuselalkohole kann nicht auf die Menge des neugebildeten Äthanols geschlossen werden. In der Arbeit wird außerdem festgestellt, daß die Neubildung unabhängig vom Ausgangsalkoholgehalt ist und unter anaeroben Bedingungen wesentlich stärker ist als bei Anwesenheit von Sauerstoff.

Die Voraussetzung der Fäulnis, eine bakterielle Verunreinigung, ist nach Krauland und Mitarbeitern (23) bei etwa 30 ‰ der aufbewahrten Blutproben gegeben. Leichen blute, vor allem von Ertrunkenen sind zumeist schon vor der Entnahme infiziert. Die Anzahl der Bakterien und Pilze, die Alkohol abbauen oder

aus Glucose oder auch Eiweiß bilden können, ist sehr groß (4). Für den Aufbau ist der Kohlenhydratgehalt von Bedeutung (11). Gaschromatographische Untersuchungen am Münchner Institut für Rechtsmedizin von Wagner ergaben, daß einige Bakterien bei einem Glucosegehalt von 100 mg% nach 3 Tagen bis zu 1,0 % Äthanol gebildet hatten. Bei 500 mg% Glucosegehalt produzierten sie in derselben Zeitspanne zwischen 1,0 und 2,0 % Äthanol. Außer bei Diabetikern kann in der forensischen Praxis die Glucosekonzentration bei akuten Todesfällen erhöht sein (11). Außerdem wird von einer Bildung von Glucose aus Pyruvat während der Alkoholoxydation (Papenberg, 8) und einer alkoholbedingten Stimulation der Gluconeogenese aus Alanin (Williamson, 8) berichtet. Allerdings spricht die Tatsache, daß die Neubildung vom Ausgangsalkoholgehalt unabhängig ist, gegen eine wesentliche Beeinflussung von dieser Seite.

6. Bedeutung der Anwesenheit von anderen flüchtigen Stoffen in der Blutprobe:

Als wesentlicher Vorteil der GC-Methode gilt der gleichzeitige Nachweis von anderen flüchtigen Stoffen bei der Blutalkoholbestimmung.

6.1. Fuselalkohole

Fuselalkohole müssen nicht unbedingt auf Fäulnis hinweisen. In geringen Mengen sind sie auch in verschiedenen Spirituosen enthalten. Machata (14) schließt mit Hilfe des Mengenverhältnisses der Fuselalkohole auf die Art des genossenen Getränkes.

6.2. Acetaldehyd.

Das hauptsächlich in der Leber gebildete Zwischenprodukt des Alkoholabbaus Acetaldehyd findet sich in fast allen Blutproben mit Äthanolgehalt (15). In Serumproben kann es nicht nachgewiesen werden. Machata nimmt daher an, daß der Acetaldehyd in lockerer Bindung an die Erythrozyten gebunden ist und nach thermischer Spaltung im Blut bestimmt werden kann. Entsprechende Untersuchungen zeigten, daß bei einer Fläschchentemperatur von 60°C 120 Minuten benötigt werden, um ein Maximum des Acetaldehydpeaks zu erhalten. Er berichtet weiter, daß die Höhe des Acetaldehydspiegels im Blut ungeachtet von Resorptionsphase, Eliminationsphase oder Alkoholgehalt fast gleich bleibt. Machata sieht in diesen Ergebnissen die Möglichkeit, den experimentell ermittelten Widmarkfaktor S zu objektivieren, wodurch die früher dazu notwendige 2. Blutentnahme überflüssig würde. Abweichungen von der Norm sind bei chronischen Trinkern mit Leberschaden zu finden, wo durch eine Induktion von ADH ohne gleichzeitige Stimulation von Acetaldehyddehydrogenase eine Erhöhung des Acetaldehydspiegels resultiert (9). Truitt beobachtete 1969 (9) einen erhöhten Acetaldehydspiegel, verursacht durch Äthanol bei der Präzipitation oder Hämolyse von Blut. Wahrscheinlich entsteht es dabei aus Protein. Eine allerdings geringe Menge entsteht im intermediären Stoffwechsel als Vorstufe des endogenen Alkohols (9).

6.3. Aceton.

Das regelmäßig im Chromatogramm mitregistrierte Aceton hat kaum

forensische Bedeutung. Es finden sich in der Literatur zwar Berichte, daß Alkohol den Fettstoffwechsel Beeinflußt (9) und Ketonkörper u.a. in kleinen Mengen aus Alkohol entstehen können (Räthä 1960, 8), jedoch sind diese Veränderungen so gering gegenüber der Schwankungsbreite des normalen Acetonspiegels im Blut, daß keinerlei Rückschlüsse gezogen werden können. Erwähnenswert ist vielleicht nur noch, daß Aceton nicht nur als Vorstufe des Isopropanols angesehen werden kann (2), sondern auch umgekehrt das Abbauprodukt von Isopropanol darstellt (24).

C. METHODIK

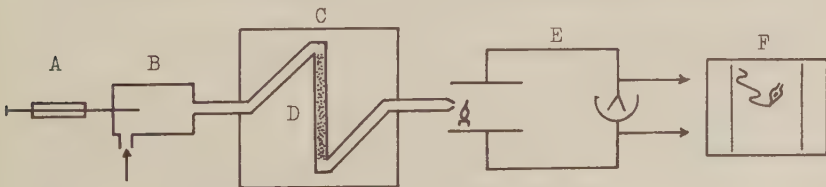
1. Theorie

1.1. Prinzip

Unter Chromatographie versteht man eine physikalische Trennmethode, bei der die zu trennenden Substanzen zwischen zwei Phasen verteilt werden. Eine dieser Phasen ist stationär, die andere mobil und durchläuft die unbewegliche Phase.

Die Gaschromatographie ist eine Methode, durch welche die Trennung von verdampfenden Substanzen ermöglicht wird. Die mobile Phase in der Gaschromatographie ist das Trägergas, welches das gasförmige Testgemisch an der stationären Phase vorbeibläst. Die Phase kann flüssig oder fest sein, woraus sich zwei verschiedene Arten ergeben: die Gas-Flüssigkeits-Verteilungs-chromatographie und die Gas-Fest-Adsorptionschromatographie. Bei ersterer, in vorliegender Arbeit angewandter Methode bläst das Trägergas das gasförmige Untersuchungsgemisch an einer hochsiedenden Flüssigkeit vorbei. Die Trennung ergibt sich aus den Verteilungskoeffizienten der jeweiligen Gase zur flüssigen Phase.

1.2. Aufbau und Funktion eines Gaschromatographen



Mit einer graduierten Spritze (A) wird eine bestimmte Menge des flüssigen Untersuchungsgemisches in eine Vorkammer (B)

gebracht. Dort wird die Flüssigkeit verdampft und durch den Trägergasstrom in die Trennsäule (D) übergeführt, die sich in einem Raum (C) mit konstanter Temperatur befindet. Das Gemisch wird nun in der Säule nach der oben erwähnten Methode getrennt und verläßt aufgeteilt die Säule.

Um zu erkennen, wann und in welcher Menge eine Substanz die Säule verläßt, verwendet man Detektoren. Am gebräuchlichsten sind Wärmeleitfähigkeits- oder Flammenionisationsdetektoren. Beim Flammenionisationsdetektor (E) wird die Tatsache ausgenützt, daß Gase durch eine Flamme ionisiert werden. Der aus der Säule kommende Gasstrom wird in eine Flamme geleitet, die im Spannungsfeld zweier Elektroden liegt. Das Gas wird ionisiert und bewirkt einen Stromstoß, der mit Hilfe eines Schreibers (F) registriert wird.

1.3. Auswertung.

Die getrennten Substanzen werden vom Schreiber in Form von Gipfeln (peak) aufgezeichnet. Die vom Start, d.h. vom Zeitpunkt des Einspritzens bis zum Auftreten eines Gipfels gemessene Zeit wird Retentionszeit genannt. Eine Identifizierung erfolgt durch den Vergleich mit bekannten Retentionszeiten. Eine quantitative Auswertung ist ebenfalls möglich, da die Peakfläche bei gleichen Substanzen der Menge an Substanz proportional ist.

2. Gaschromatographie und Blutalkoholbestimmung.

2.1. Verfahren nach Machata.

1963 schlug Machata das in vorliegender Arbeit angewandte Ver-

fahren vor. Seine Methode unterscheidet sich von der oben beschriebenen in folgenden Details:

1. Das Untersuchungsgemisch wird vor dem Einspritzen mit Hilfe eines Wasserbades verdampft ("head-space-method"). Zahlreiche Fehlermöglichkeiten durch die Verdampfung im Einspritzblock fallen dadurch weg (2). Außerdem entstehen sehr scharfe Peaks, die die Auswertung über die Peakhöhen gestatten. Die physikalische Grundlage dieses Verfahrens ist das Henry-Dalton'sche Gesetz, das allerdings nur für sehr verdünnte Lösungen gilt.
2. Machata läßt gleichzeitig einen inneren Standard mitlaufen, in diesem Falle eine tert.-Butanol-Lösung. Durch Quotientenbildung der Peakhöhen von Äthanol und tert.-Butanol werden Fehler durch Temperaturschwankungen im Wasserbad oder der Säule und andere Störfaktoren kompensiert.
3. Als Detektor dient ihm ein Flammenionisationsdetektor (FID), der gegenüber den anderen Detektoren eine sehr hohe Empfindlichkeit besitzt. Ein weiterer Vorteil ist, daß keine Wasserpeaks aufgezeichnet werden, da der FID nur den Kohlenstoffgehalt registriert. Die forensisch wichtigen Fäulnisalkohole, die sonst vom Wasserpeak verdeckt wären, lassen sich somit auch nachweisen.

2.2. GC-Automat Multifrakt F 40

Der nach Machatas Verfahren und unter seiner Mitarbeit entwickelte GC-Automat Multifrakt F 40 besteht aus (21):

1. Einem automatischen Probenwechseltisch mit einer Kapazität von 30 Proben. Jeder der 30 Positionen ist ein elektrisches Signal zugeordnet, das vor dem jeweiligen Chromatogramm an den Schreiber gegeben wird.
2. Einem Spezial-Flüssigkeitsumlauf-Thermostaten, der, an den Probenwechseltisch angeschlossen, die gleichmäßige Temperatur des Wasserbades garantiert (Regelgenauigkeit $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$).
3. Einem beheizbaren, elektropneumatischen Dosiersystem, das die experimentellen Fehler bei Probennahme und Probenüberführung auf ein Minimum reduziert. Die Genauigkeit wird mit einer relativen Standardabweichung vom $\pm 1,1\%$ angegeben (21), bei anderen Autoren sogar mit unter $\pm 0,8\%$ verzeichnet (20).
4. Einer automatischen Reinigung des Dosiersystems.
5. Einer beheizbaren Trennsäule mit Zuleitung des vorgewärmten Trägergases über das Dosiersystem.
6. Einem Flammenionisationsdetektor (FID), mit automatischem Nullabgleich, der mit Luft und Wasserstoff betrieben wird.
7. Einem mit dem FID gekoppelten Schreiber.
8. Einem Programmgeber, durch den von Hand Dosierzeit, Analysenzeit, Reinigungszeit des Dosiersystems und Stabilisierungszeit der FID-Nulllinie vorgewählt werden können. Außerdem ist eine Probenentnahme bis zu 3 mal aus einer Probenflasche möglich.

2.3. Probenvorbereitung.

Für die Analyse werden jeweils 0,5 ml Probenflüssigkeit und

0,1 ml einer 0,2 %igen tert.- Butanollösung in genormte Fläschchen mit einer Mikripipette eingebracht. Es muß darauf geachtet werden, daß beide Substanzen, normalerweise im Kühlschrank aufbewahrt, vor dem Pipettieren auf Zimmertemperatur gebracht werden. Die Fläschchen werden in den Probenwechseltisch eingesetzt und müssen mindestens 25 Minuten lang vor Beginn der Analyse im Wasserbad erwärmt werden.

2.4. Arbeitsbedingungen

Trennsäule: 62 S 83.14 (15 % Hallcomid 1118 auf Kieselsäure), 2 m.

Trägergas: N_2 , 40 ml/min.

FID - Luft: 1,35 kp/cm².

- H_2 : 1,0 kp/cm².

- Abschwächung: 1/128;

bei Peaks über der Papierebene 1/256.

Temperaturen: Einspritzblock 140°C.

Säule 90°C.

Wasserbad 60°C.

Papiervorschub des Schreibers:

1 cm/min.

Einstellungen am Programmgeber:

Dosierzeit 2 sec.

Analysenzeit 4,5 min.

Blaszeit 0,2 min. (Reinigung des Dosiersystems).

Wiedereinlaufzeit 0 (autom. Nullabgleich).

Probenentnahme 1/Flasche.

Retentionszeiten unter diesen Bedingungen, vom Luftpeak aus gemessen:

1. Äthanol:	1,7 min
2. tert.-Butanol:	2,3 min
3. Methanol:	1,1 min
4. Aceton:	0,8 min
5. Acetaldehyd:	0,3 min
6. n-Propanol:	3,8 min
7. iso-Propanol:	2,0 min
8. Formol:	0,6 min
9. sec.-Butnol:	4,7 min

Ein Chromatogramm unter diesen Voraussetzungen zeigt Abb.1.

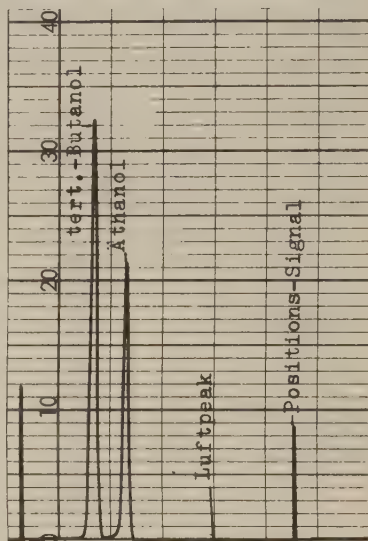


Abb. 1

2.5. Auswertung

Die mit Hilfe des Quotienten und der Eichkurve gewonnenen Werte werden mit den von Machata angegebenen Umrechnungsfaktoren multipliziert. Sie wurden von ihm experimentell ermittelt und rechnerisch gedeutet und bestehen aus dem Produkt der Dampfdruckerhöhung der Proben gegenüber einer wässrigen Lösung (für Blut und Serum: 1,02) und dem mittleren spezifischen Gewicht der Probe (Blut: 1,057; Serum: 1,026). Bei Serum bzw. hämolytischem Serum tritt zusätzlich der Widmarkfaktor in Erscheinung. Damit ergeben sich folgende Umrechnungsfaktoren:

hämolytisches Serum: $0.8547 = 1/1,17$
Serum: $0,7937 = 1/1,26$
Vollblut: $0,926 = 1/1,08$
verdünntes Blut (1:1): $0,961 = 1/1,04$
verdünntes Blut (2:1): $1,0$
Urin: $1,0$

Die Vergleichswerte waren nach der Widmark-Weyrich- und der ADH-Methode ermittelt, wie sie am Institut für Rechtsmedizin in München routinemäßig angewandt werden. Die Doppelbestimmungen waren zum großen Teil im Serum ausgeführt und lagen im Durchschnitt bereits 4 - 5 Monate zurück.

D. EIGENE ERGEBNISSE

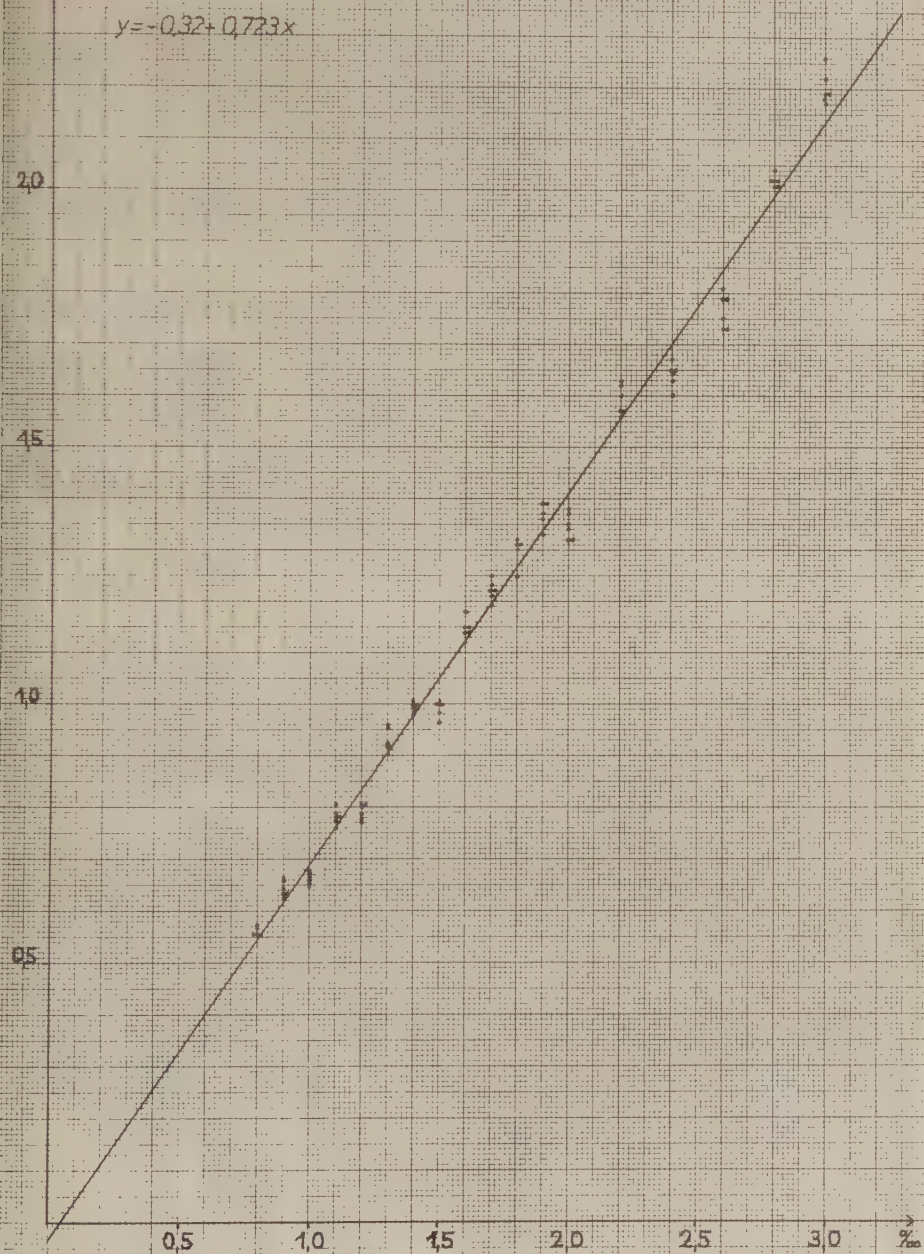
1. Eichkurve

Für die Eichkurve wurden je 3 Doppelbestimmungen von Merck-Äthanol-Standardlösungen mit alkoholkonzentrationen zwischen 0,8 und 3,0 % durchgeführt. Die aus den Quotienten der Peakhöhen $\frac{\text{Äthanol}}{\text{tert.-Butanol}}$ in Abhängigkeit von den entsprechenden Äthanolkonzentrationen berechnete Eichgerade zeigt Abb. 2.

Zur Objektivierung der Umrechnung wurden die %o-Werte nach der Kurvenformel errechnet und in einer Tabelle aufgezeichnet. Die Gültigkeit der Eichkurve war von Zeit zu Zeit mit Hilfe der Merck-Standardlösungen zu überprüfen.

Eichkurve

$$y = -0,32 + 0,723x$$



2. Auswertung.

Insgesamt wurden 866 Blut- und Urinproben nachuntersucht. Die Bestimmungen erfolgten bei 537 Proben im hämolytischen Serum, bei 113 Proben im Serum und bei 88 Proben im Vollblut. In 14 Fällen war die Probenmenge zu klein und mußte mit destilliertem Wasser verdünnt werden. Außerdem wurden 78 Leichenblut- und 36 Leichenurinwerte ermittelt. Diese durch die gaschromatographischen Untersuchungen bestimmte Einteilung blieb bei allen Vergleichen dieselbe. Blutproben mit ADH-Werten unter 0,15 % wurden ausgeklammert und getrennt betrachtet.

2.1. Gruppe I: Proben mit Alkoholgehalt über 0,15 %.

Diese Gruppe von 797 Proben setzt sich aus 524 hämolytischen Seren, 109 Seren, 87 Vollbluten, 12 verdünnten Bluten, sowie 38 Leichenbluten und 27 Leichenurinen zusammen.

Die absoluten und prozentualen Abweichungen der GC-Werte von den ADH- bzw. Widmark-Werten wurden berechnet. Ebenso wurde mit den Vergleichswerten untereinander verfahren, wobei der ADH-Wert als Bezugswert diente. Die Mittelwerte wurden errechnet und die Streuungen ergaben sich aus der Formel

$$s = \pm \frac{1}{n-1} \quad x^2 - \frac{1}{n} (\quad x)^2 \quad (25).$$
 Die Tabellen 1 - 3 mit der dazugehörigen Abb. 3 zeigen zahlenmäßig und zeichnerisch die Ergebnisse.

Tab. 1: Mittelwerte und Streuungen der relativen Abweichung

ADH - GC mit ADH als Bezugswert.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (%)	Streuungen (%)
Gesamt	797	+ 7,6	± 12,6
häm. Serum	524	+ 8,8	± 9,5
Serum	109	+ 5,0	± 8,0
Vollblut	87	+ 5,2	± 15,8
verd. Blut	12	+ 1,1	± 13,4
Leichenblut	38	+ 11,0	± 30,9
Leichenurin	27	+ 1,5	± 19,6

Tab. 2: Mittelwerte und Streuungen der relativen Abweichung

Widmark - GC mit Widmark als Bezugswert.

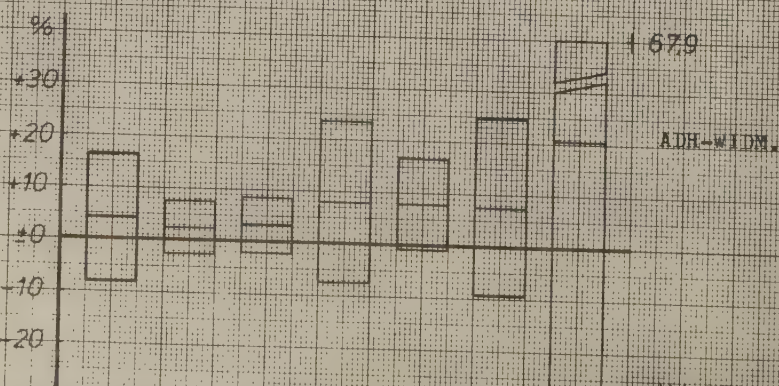
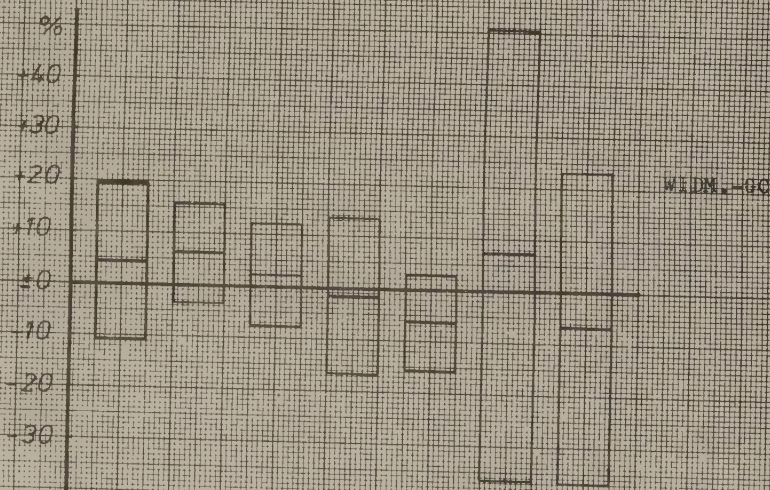
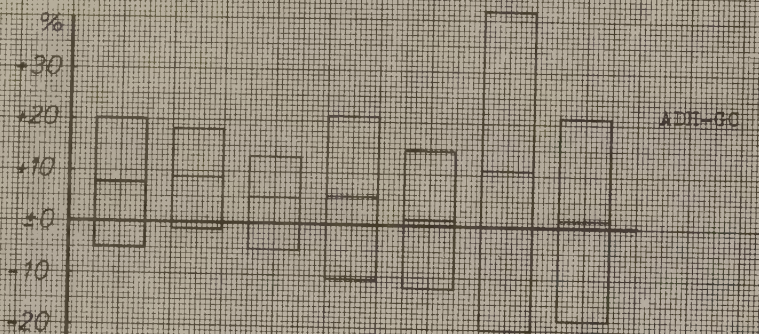
Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (%)	Streuungen (%)
Gesamt	797	+ 4,3	± 15,1
häm. Serum	524	+ 6,3	± 9,4
Serum	109	+ 2,2	± 9,9
Vollblut	87	- 1,5	± 15,1
verd. Blut	12	- 6,3	± 9,1
Leichenblut	38	+ 7,2	± 43,6
Leichenurin	27	- 6,9	± 29,9

Tab. 3: Mittelwerte und Streuungen der relativen Abweichung

ADH - Widmark mit ADH als Bezugswert.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (%)	Streuungen (%)
Gesamt	797	+ 4,3	± 12,2
häm. Serum	524	+ 2,6	± 5,1
Serum	109	+ 3,2	± 5,3
Vollblut	87	+ 8,0	± 15,4
verd. Blut	12	+ 7,9	± 8,7
Leichenblut	38	+ 7,6	± 17,0
Leichenurine	27	+ 20,5	± 47,4

Gesamt Serum	häm. Serum	Serum Blut	vers. Blut	Leichen- blut urin		
797	524	103	87	12	38	27



2.2. Gruppe II: Proben mit Alkoholgehalt unter 0,15 ‰.

Diese Gruppe der restlichen 69 Blutproben besteht aus 13 hämolytischen Seren, 4 Seren, 1 Vollblut, 2 verdünnten Bluten, sowie 40 Leichenbluten und 9 Leichenurinen. Die Tabellen 4 - 6 und Abb. 4 geben die errechneten Mittelwerte und Streuungen der absoluten Abweichung zahlenmäßig und zeichnerisch wieder.

Tab. 4: Mittelwerte und Streuungen der absoluten Abweichung
ADH - GC mit ADH als Bezugswert.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (‰)	Streuungen(‰)
Gesamt	69	+ 0,068	± 0,104
häm. Serum	13	+ 0,025	± 0,045
Serum	4	+ 0,013	± 0,032
Vollblut	1	0,0	± 0,0
verd. Blut	2	+ 0,02	± 0,085
Leichenblut	40	+ 0,095	± 0,126
Leichenurin	9	+ 0,052	± 0,047

Tab. 5: Mittelwerte und Streuungen der absoluten Abweichung
Widmark - GC mit Widmark als Bezugswert.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (‰)	Streuungen (‰)
Gesamt	69	+ 0,044	± 0,124
häm. Serum	13	- 0,015	± 0,041
Serum	4	- 0,01	± 0,027
Vollblut	1	- 0,05	-----
verd. Blut	2	- 0,16	± 0,156
Leichenblut	40	+ 0,092	± 0,132
Leichenurin	9	- 0,0044	± 0,097

Tab. 6: Mittelwerte und Streuungen der absoluten Abweichung

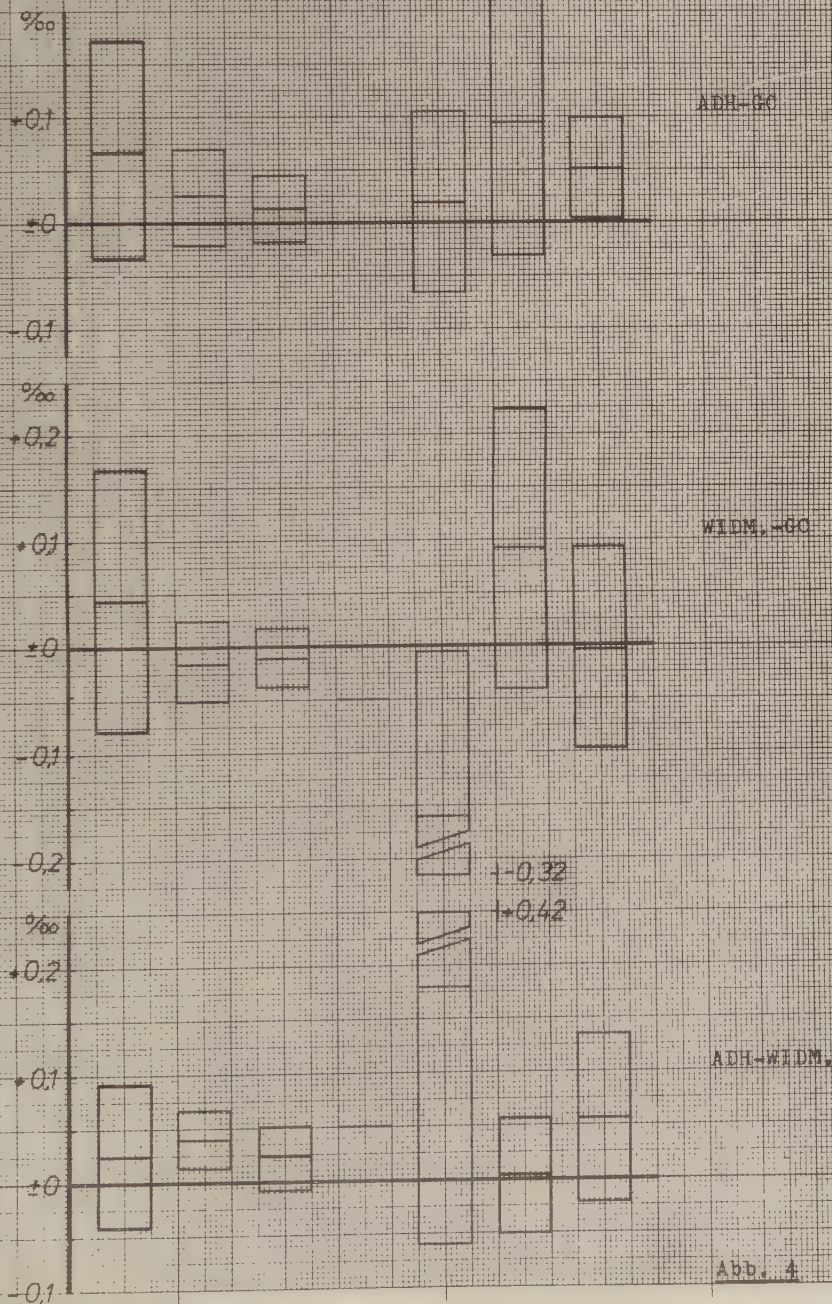
ADH - Widmark mit ADH als Bezugswert.

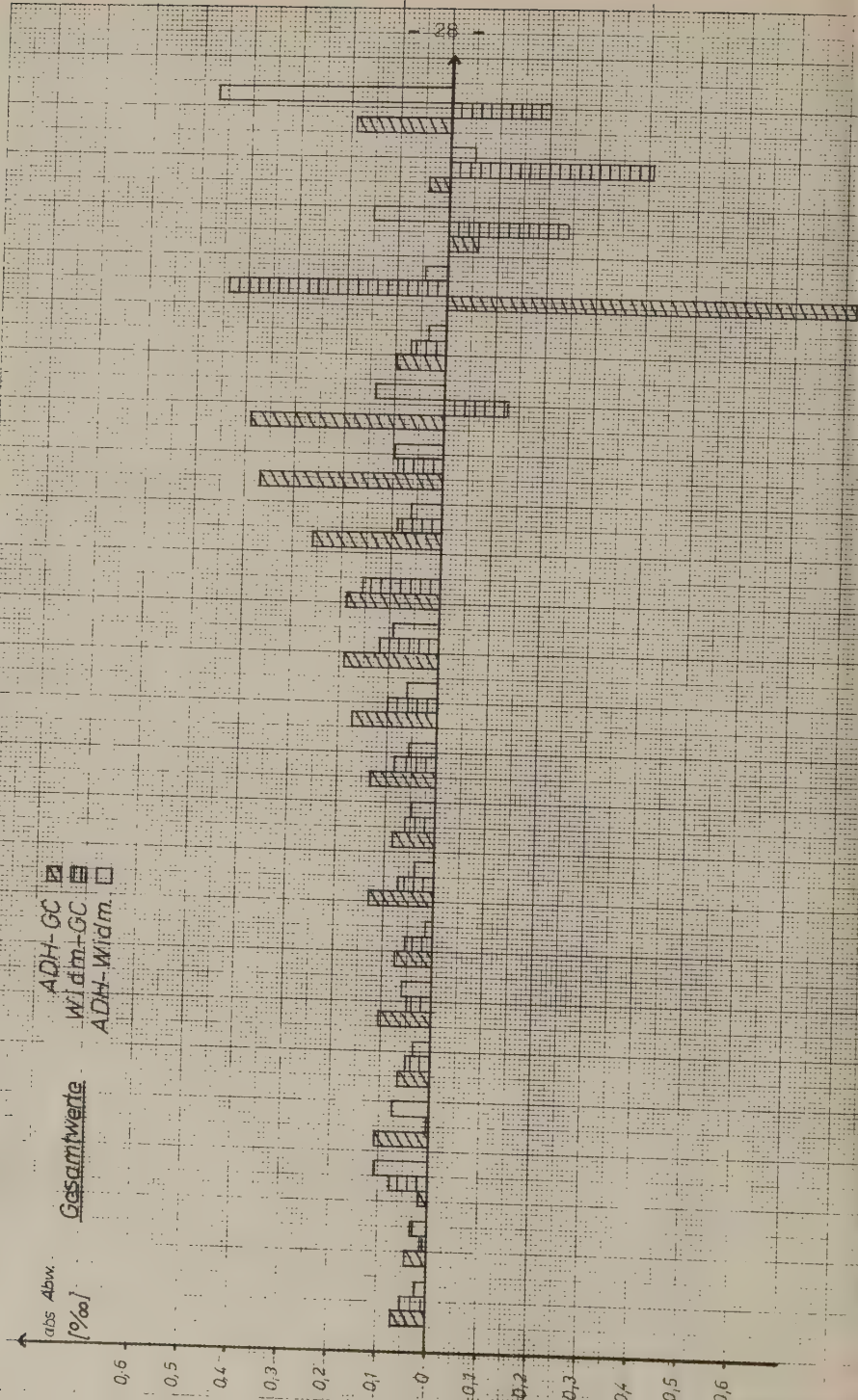
Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	Mittelwerte (‰)	Stereungen (‰)
Gesamt	69	+ 0,024	± 0,067
häm. Serum	13	+ 0,04	± 0,027
Serum	4	+ 0,023	± 0,032
Vollblut	1	+ 0,05	-----
verd. Blut	2	+ 0,18	± 0,24
Leichenblut	40	+ 0,0038	± 0,054
Leichenurin	9	+ 0,056	± 0,079

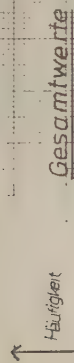
2.3. Absolute Abweichung in Abhängigkeit von der Alkoholkonzentration.

Einen Überblick über die Verteilung der Konzentrationsbereiche und die in jedem Bereich verzeichneten absoluten Differenzen zwischen ADH- bzw. Widmark und GC-Werten vermitteln die Abb. 5 - 12. Die Konzentrationsbereiche beziehen sich auf Gruppen von je 0,2 ‰, nach der Höhe der Bezugswerte eingeteilt. Die Häufigkeitsverteilung der Blutalkoholwerte wurde zur besseren Beurteilung dem entsprechenden Diagramm gegenübergestellt. Die Verteilungskurve ergibt sich aus der Indikation für die Blutentnahme.

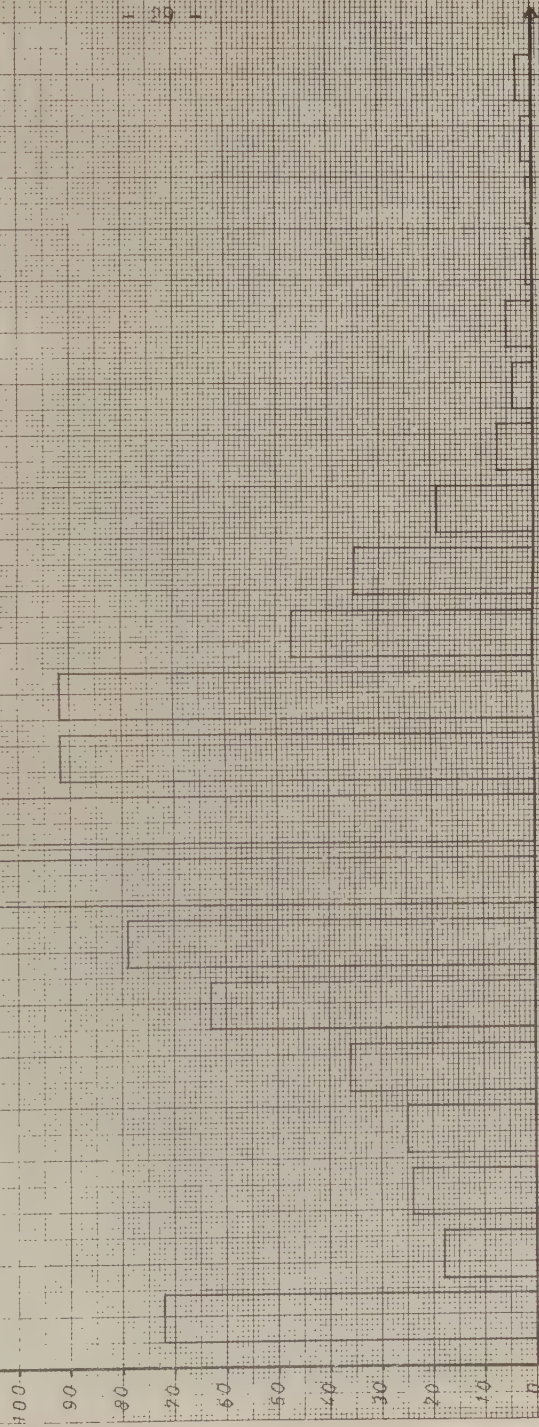
Gesamt häm. Serum Blut verd. Leichen-
Serum Blut blut urin





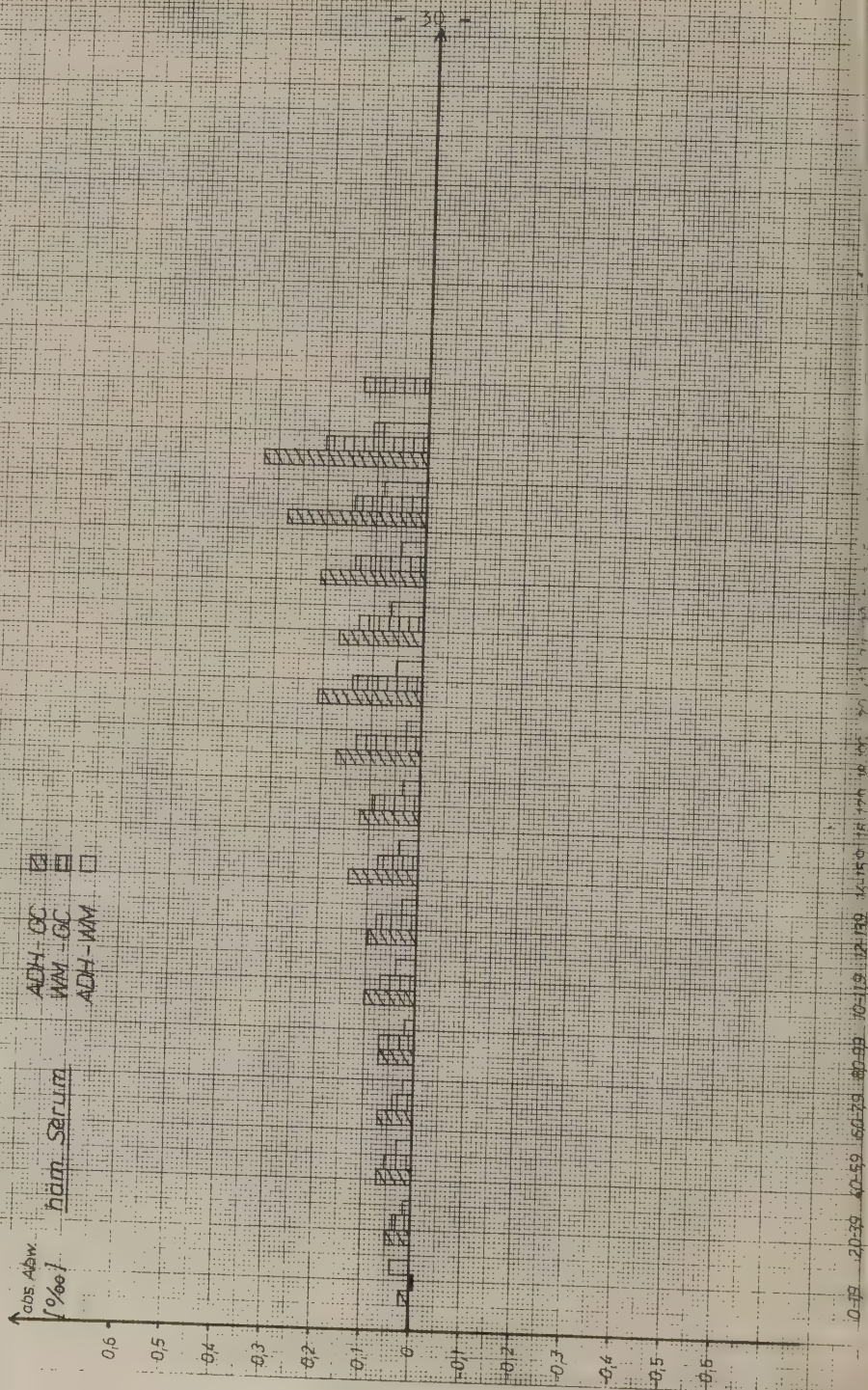


Gesamtwerte

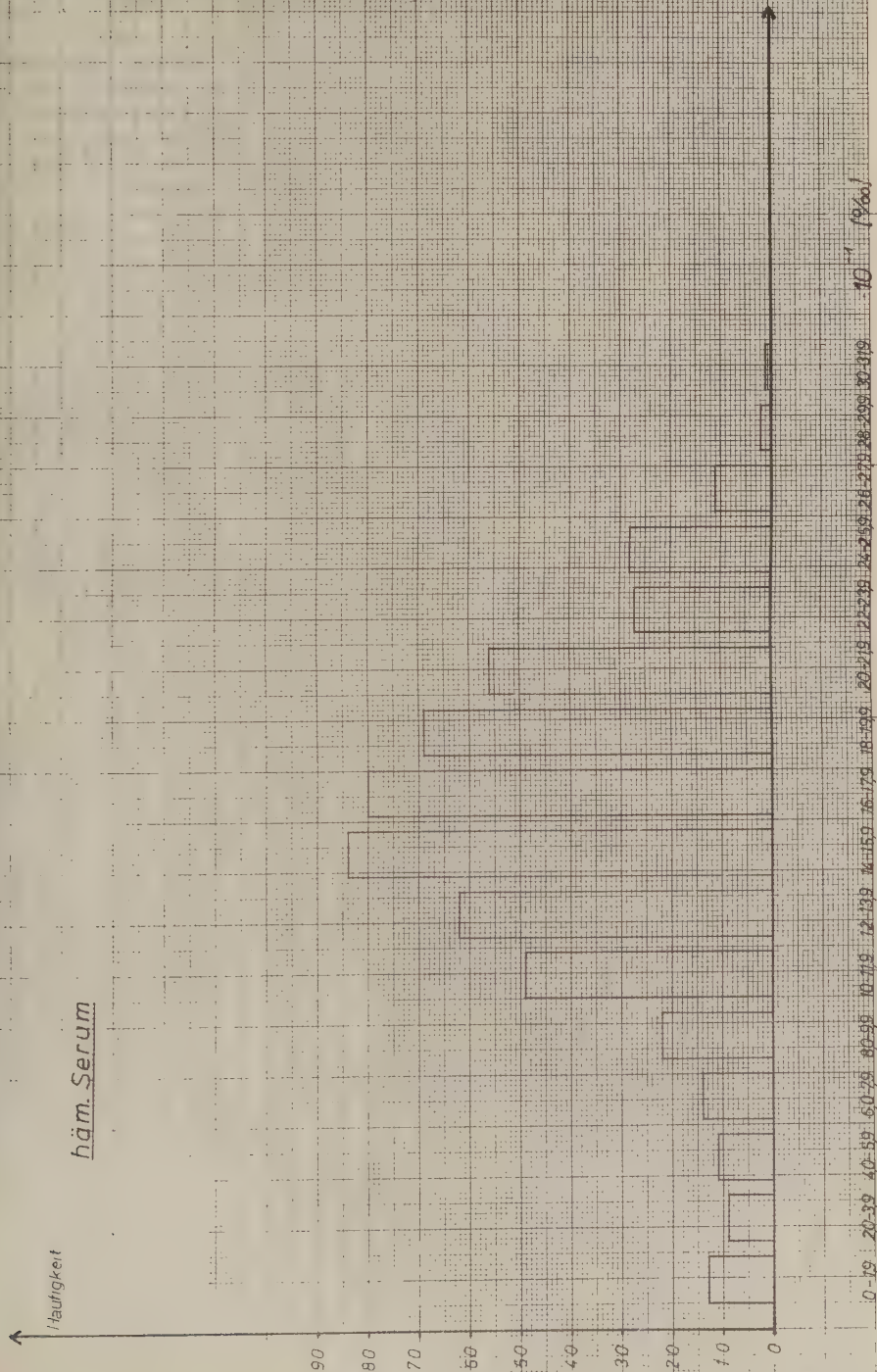


FL

[illegible]



häm. Serum



abs. Abw.
[‰]

ADH-GC
WM-GC
ADH-WM

Serum

abs. Abw.
[‰]

0,6

0,5

0,4

0,3

0,2

0,1

0

0,1

32

Häufigkeit

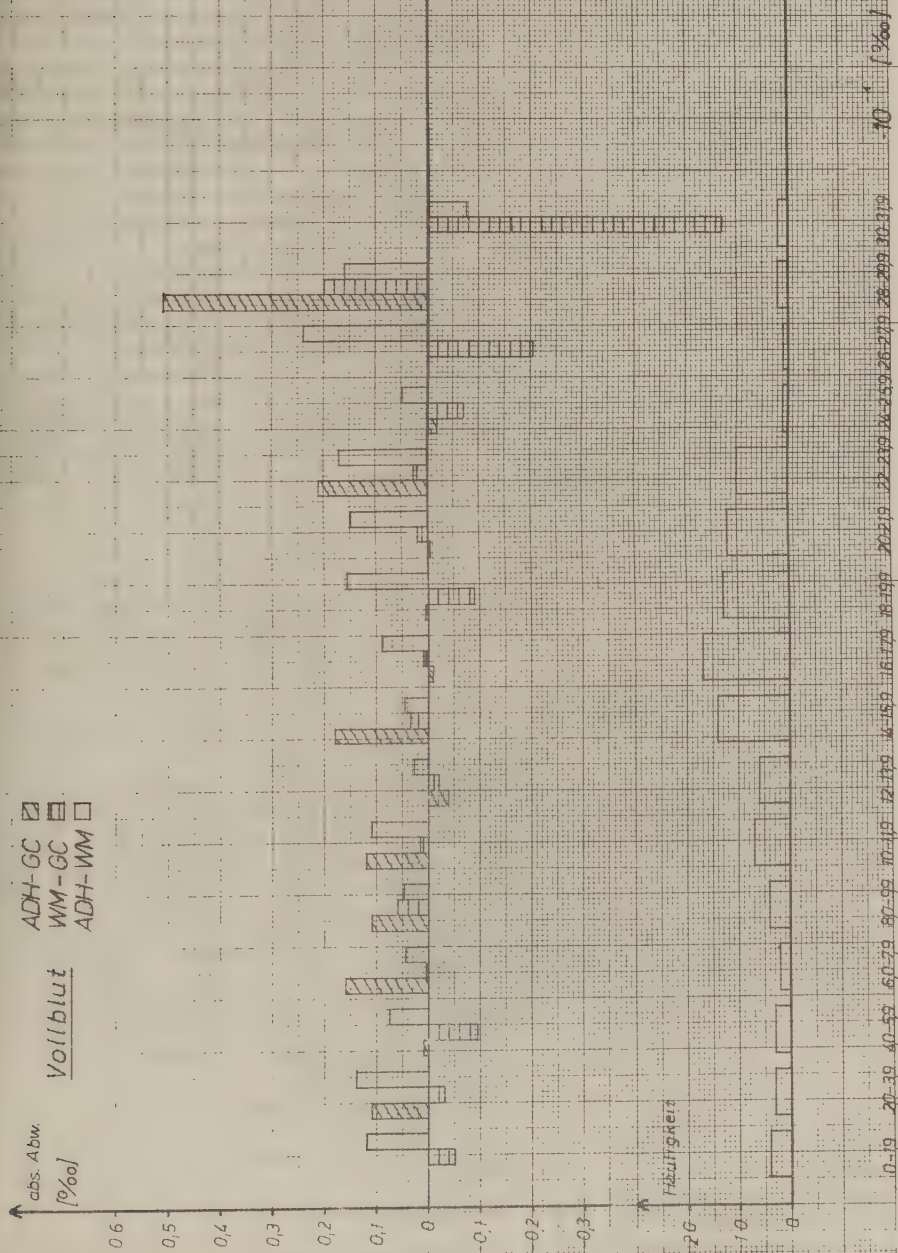
30

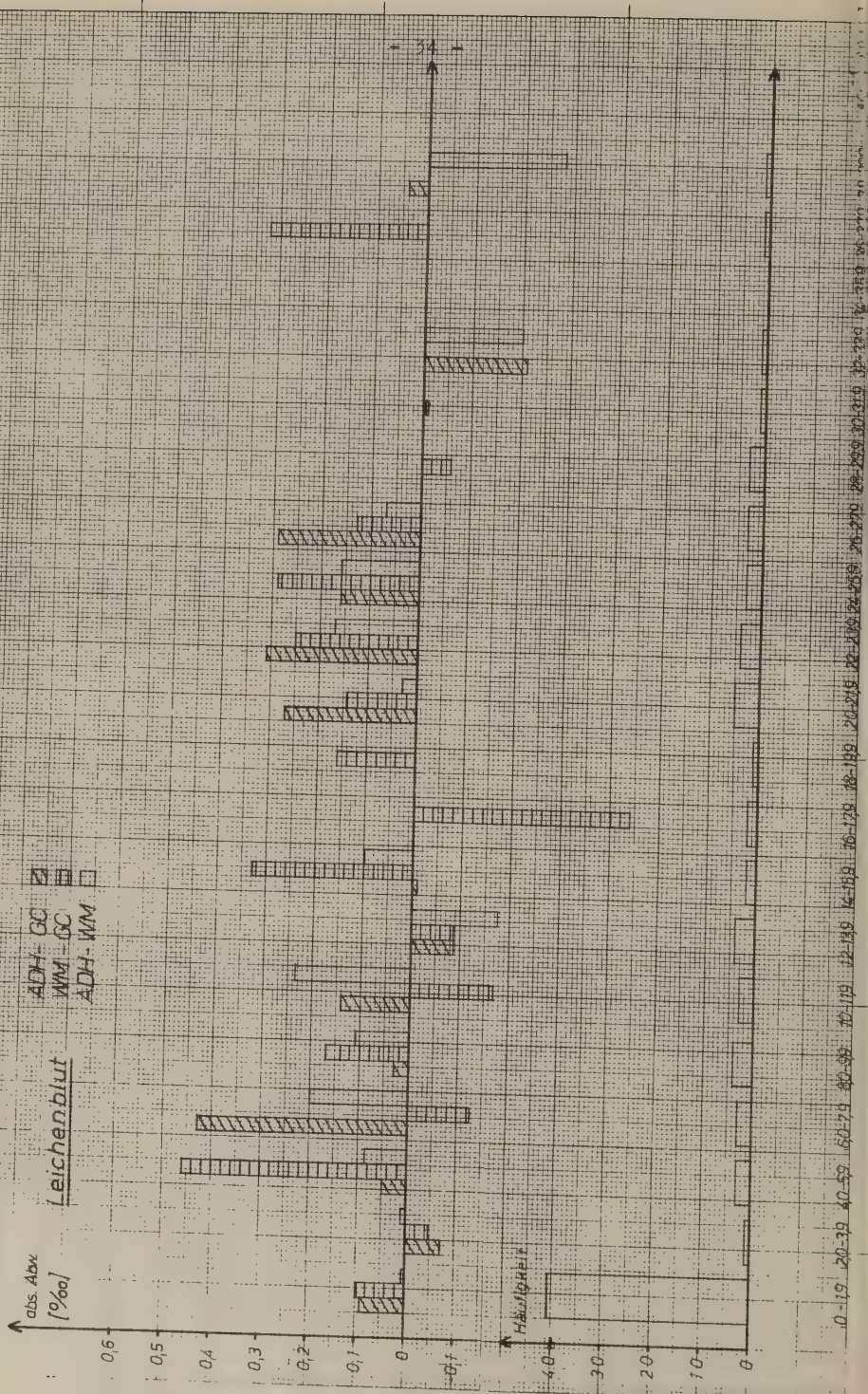
20

10

0

0-19 20-39 40-59 60-79 80-99 10-19 12-19 14-19 16-19 18-19 20-19 22-19 24-19 26-19 28-19 30-19 32-19 34-19 36-19 38-19 40-19 42-19 44-19 46-19 48-19 50-19 52-19 54-19 56-19 58-19 60-19 62-19 64-19 66-19 68-19 70-19 72-19 74-19 76-19 78-19 80-19 82-19 84-19 86-19 88-19 90-19 92-19 94-19 96-19 98-19 100-19

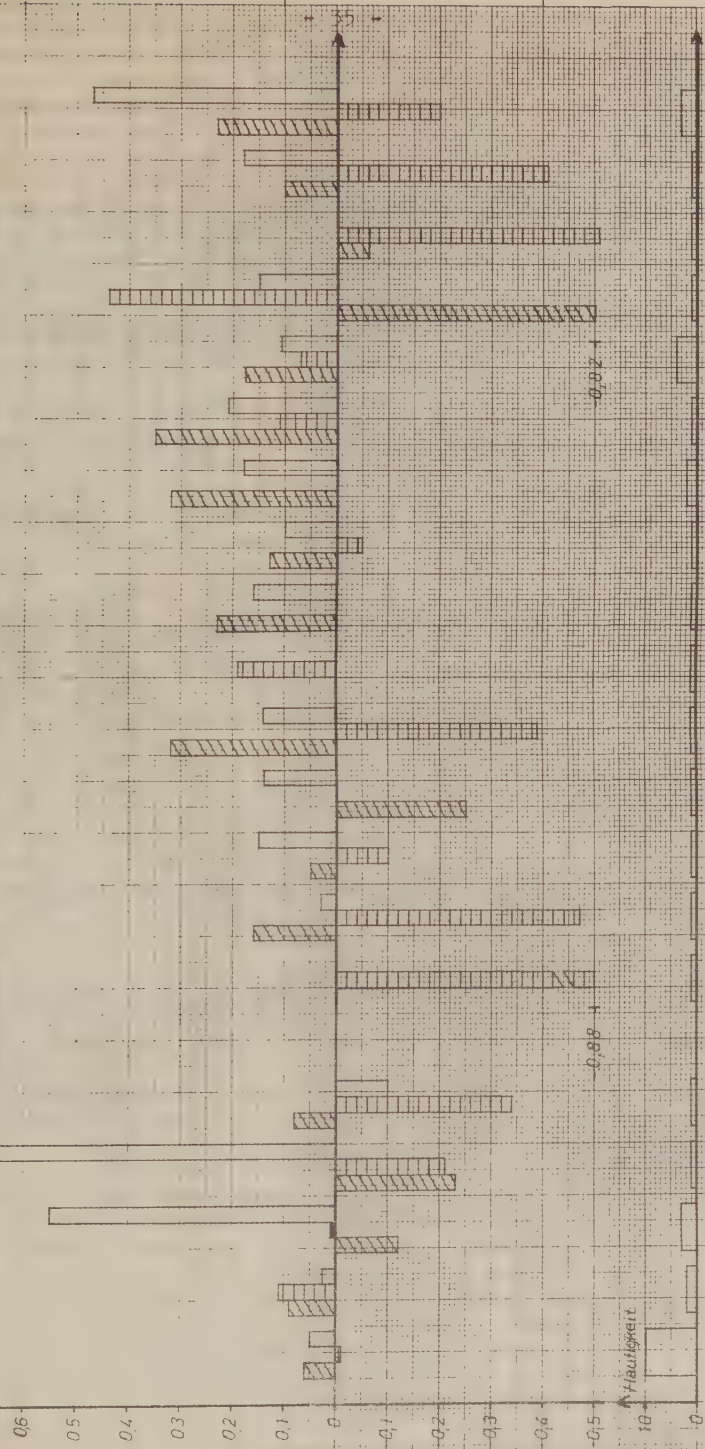




ADH GC
WM GC
ADH-WM

Leichenurin

abs Abw
[‰]



2.4. Andere flüchtige Stoffe.

2.4.1. Methanol, Acetaldehyd und Aceton.

Im selben Analysengang wurden nebenher andere flüchtige Stoffe registriert. Die Auswertung der als Methanol, Acetaldehyd und Aceton identifizierten Peaks ergab folgende Aufstellungen für Blutalkoholkonzentrationen über 0,15 ‰ (Tab. 7 - 9).

Tab. 7: Mittlere Peakhöhe und Häufigkeit von Methanol bei BAK-Werten über 0,15 ‰.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	mittl. Peak- höhe (1E=2,5mm)	Höchst- werte	Häufigkeit abs. (%)
Gesamt	797	0,2	0,9	112 14,1
häm. Serum	524	0,2	0,8	76 14,5
Serum	109	0,1	0,3	13 11,9
Vollblut	87	0,1	0,2	7 8,0
verd. Blut	12	-, -	-, -	- - -, -
Leichenblut	38	0,3	0,9	9 23,7
Leichenurin	27	0,1	0,2	7 25,9

Tab. 8: Mittlere Peakhöhe und Häufigkeit von Acetaldehyd bei BAK-Werten von über 0,15 ‰.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	mittl. Peak- höhe (1E=2,5mm)	Höchst- werte	Häufigkeit abs. (%)
Gesamt	797	1,1	14,2	639 80,2
häm. Serum	524	0,7	11,5	431 82,3
Serum	109	0,2	0,8	49 45,0
Vollblut	87	2,4	13,7	85 97,7
verd. Blut	12	2,0	12,7	12 100,0
Leichenblut	38	3,9	14,2	37 97,4
Leichenurin	27	1,3	9,2	25 92,6

Tab. 9: Mittlere Peakhöhe und Häufigkeit von Aceton bei
BAK-Werten über 0,15 ‰.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	mittl. Peak- höhe (1E=2,5mm)	Höchst- werte	Häufigkeit abs. (%)
Gesamt	797	0,5	41,6	681 85,5
häm. Serum	524	0,4	3,0	460 85,8
Serum	109	0,4	1,8	96 88,1
Vollblut	87	0,4	9,2	65 74,7
verd. Blut	12	0,1	0,2	6 50,0
Leichenblut	38	1,7	41,6	30 79,0
Leichenurin	27	0,7	6,6	24 88,9

Bei den restlichen Proben mit Blutalkoholkonzentrationen unter 0,15 ‰ wurde kein Methanol festgestellt. Tab. 10 und 11 zeigen die Ergebnisse für Acetaldehyd und Aceton in dieser Gruppe.

Tab. 10: Mittlere Peakhöhe und Häufigkeit von Acetaldehyd bei
BAK-Werten unter 0,15 ‰.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	mittl. Peak- höhe (1E=2,5mm)	Höchst- werte	Häufigkeit abs. (%)
Gesamt	69	1,1	6,0	47 68,1
häm. Serum	13	0,2	0,2	5 38,4
Serum	4	-, -	-, -	- -, -
Vollblut	1	-, -	-, -	- -, -
verd. Blut	2	0,4	0,7	1 50,0
Leichenblut	40	1,3	6,0	37 92,5
Leichenurin	9	0,5	1,7	4 44,4

Tab. 11: Mittlere Peakhöhe und Häufigkeit von Aceton bei

BAK-Werten unter 0,15 ‰.

Art d. Blut- flüssigkeit	Zahl der Proben	mittl. Peak- höhe (1E=2,5mm)	Höchst- werte	Häufigkeit abs. (%)
Gesamt	69	1,3	30,3	50 72,1
häm. Serum	13	0,8	2,7	11 84,6
Serum	4	1,1	1,5	4 100,0
Vollblut	1	0,4	0,4	4 100,0
verd. Blut	2	—	—	—
Leichenblut	40	1,5	30,3	30 75,0
Leichenurin	9	1,1	3,8	4 44,4

2.4.2. Weitere Fuselalkohole.

Außer dem schon aufgeführten Methanol kamen in 18 Fällen n-Propanol mit einer mittleren Peakhöhe von 0,8, in 6 Fällen iso-Propanol mit einer mittleren Peakhöhe von 5,2 und einmal sec.-Butanol mit der Peakhöhe 8,8 vor. Dabei ist zu bedenken, daß Stoffe mit langer Retentionszeit der Nulllinie breitbasig aufsitzen, die Peakhöhe also nicht mehr proportional der Konzentration ist.

In 32 Fällen trat noch eine Substanz mit der mittleren Peakhöhe 0,5 auf, die wahrscheinlich als Formol identifiziert werden muß. Da dieses Formol aber mit gleicher Konzentration und in aufeinanderfolgenden Analysen vorkam, muß eine Verunreinigung mit diesem Stoff angenommen werden.

E. DISKUSSION.

1. Beurteilung von Spezifität, Genauigkeit und Einfachheit an Hand der eigenen Untersuchungen.

1.1. Spezifität.

Die Ergebnisse bestätigen in vollem Umfang die Aussagen über die Spezifität des Gc-Automaten mit der Hallcomid-Säule (19). Isopropanol und Methanol werden einwandfrei von Äthanol und tert.-Butanol abgegrenzt. Sollten die beiden ausschlaggebenden Peaks tatsächlich durch Überlagerung eines der von Hauck angegebenen gewerblichen Lösungsmittel verfälscht werden, so ist das beim tert.-Butanol leicht erkenntlich, da dessen Höhe dann vom Durchschnitt abweicht. Im Falle des Äthanols wäre eine Überlagerung schwerwiegender, da sie nicht nur nicht erkannt werden kann, sondern auch bei der stärkeren Empfindlichkeit des FID für höher kohlenstoffhaltige Stoffe (Tetrahydrofuran und Methyläthylketon haben je 4 C) wesentlich höhere Ergebnisse bedingen würde. Ein solcher Fall kommt jedoch praktisch nicht vor oder würde in einem entsprechenden Ausmaß klinische Symptome verursachen. Eine weitere Verfälschungsmöglichkeit besetzt theoretisch bei der verhältnismäßig kurzen Analyserzeit von 4,5 min in einer Überlagerung durch Fuselalkohole mit langer Retentionszeit aus vorhergehenden Analysengängen. Peaks dieser Stoffe sitzen jedoch gewöhnlich der Nulllinie breitbasig auf und können als solche erkannt werden. Die Forderung nach Spezifität ist somit mehr als ausreichend erfüllt.

1.2. Genauigkeit.

Eichkurve: Wie bei Hauck und Terfloth (17) festgestellt, allerdings wegen anderer Arbeitsbedingungen andersartig, weicht die Eichkurve etwas vom Ideal der Linearität ab. Dies bleibt bei der Berechnung der Eichgeraden unberücksichtigt, wodurch die Gerade nicht durch den Nullpunkt geht. In dem forensisch wichtigen Konzentrationsbereich um 1,5 ‰ jedoch erreicht sie ihre größte Genauigkeit. Im Bereich über 2,8 ‰ deuten die Einzelpunkte einen in Wirklichkeit steileren Verlauf an, was bei diesen Konzentrationen zu hohe Ergebnisse erwarten läßt. Neben nicht ganz optimalen Analysenbedingungen könnte eine Erklärung hierfür darin zu finden sein, daß die Voraussetzungen für das Henry-Dalton'sche Gesetz in diesem Bereich nicht mehr voll erfüllt sind. Ein Vergleich der Peakhöhen für tert.-Butanol im Bereich über 2,8 ‰ mit denen niedrigerer Konzentrationen zeigte, daß in der Gruppe von 44 Werten über 2,8 ‰ Blutalkoholgehalt die tert.-Butanol-peaks im Mittel um 6 % tiefer lagen als die der Gruppe unter 0,15 ‰ (68 Werte).

Eine weitergehende Analyse der Reproduzierbarkeit und Genauigkeit des Verfahrens kann an Hand der eigenen Ergebnisse nicht durchgeführt werden, da stets nur Einzelbestimmungen gemacht wurden und man den wahren Äthanolgehalt, insbesondere zu diesem Zeitpunkt, als unbekannt ansehen muß. Es konnte lediglich mit den vor 4 - 5 Monaten bestimmten Werten nach der Widmark- und ADH-Methode verglichen werden.

1.3. Einfachheit.

Die persönlich auszuführenden Arbeitsgänge beschränken sich hier auf ein zweimaliges Pipettieren, das Ablesen der Peakhöhen, die Quotientenbildung und das Umrechnen auf den ‰-Wert. Die Richtigkeit der Auswertung kann dabei jederzeit an Hand des Chromatogramms nachgeprüft werden, bei Anwendung des automatischen Verfahrens von Machata (16) fällt dieser Arbeitsgang sogar ganz weg. Dieser geringe persönliche Aufwand des GC-Verfahrens im Gegensatz zu dem der klassischen Methoden ist eine gute Grundlage für große Genauigkeit.

Steht für die Untersuchung nur weniger als 0,5 ml Blutflüssigkeit zur Verfügung, müssen die Proben gewoben und entsprechend verdünnt werden, was natürlich zusätzliche Fehlerquellen bedeutet. Diese seltene Notwendigkeit zeitigt jedoch auch gute Ergebnisse.

2. Beurteilung der eigenen Ergebnisse.

Entgegen den Erwartungen und anderen Untersuchungsbefunden (18) fallen die GC-Werte im Mittel höher aus als die entsprechenden ADH-Ergebnisse. Selbst die Widmark-Werte liegen zum Teil noch darunter. Die Streuung ist teilweise beträchtlich. Die Tatsache, daß zum einen mit dem GC-Automaten jeweils nur eine Bestimmung durchgeführt wurde und zum anderen in der gerichtsmedizinischen Routine ermittelte Werte immer etwas niedriger angegeben werden, können diese Diskrepanz nicht voll erklären.

2.1. Ungenauigkeiten in der Umrechnung.

werden. Die Untersuchungen immer in derselben Blutflüssigkeit, am besten im Serum durchzuführen, ist zusätzlich deshalb zweckmäßig, da dann der Fehler durch Adhäsion der Probe in der Mikropipette konstant bleibt. Besonders stark visköse Leichenblute oder Erythrozytenkonzentrationen bleiben vermehrt in der Pipette hängen und die kleinere in das Probenfläschchen gelangende Blutmenge wird von der konstanten Menge des inneren Standards stärker verdünnt (17).

2.2. Veränderungen durch Fäulnis.

Eine Änderung der Äthanolkonzentration durch Fäulnis und überwiegende Neubildung von Alkoholen, wie in B.5.2. beschrieben, muß ebenso in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich ist zwar eine Äthanolneubildung stets mit einer gewissen Bildung von Fuselalkoholen vergesellschaftet, jedoch steht das Äthanol dabei qualitativ und quantitativ an erster Stelle (11). Ein relativ geringes Vorkommen von Fuselalkoholen muß die Neubildung von Äthanol nicht ausschließen, da die eingestellte Empfindlichkeit des FID für diesen Zweck zu niedrig sein kann. Das am häufigsten vorkommende Methanol, das in alkoholischen Getränken am seltensten enthalten ist (14), vermag vielleicht eine Vorstellung von Vorgängen in dieser Richtung zu vermitteln. Die vermeinte Fäulnis in Leichenbluten und Leichenurinen findet in der fast doppelt so großen Häufigkeit von Methanol ihren Ausdruck.

2.3. Bedeutung von Acetaldehyd und Aceton für die Blutalkoholbestimmung.

2.3.1. Acetaldehyd.

Außer den Fuselalkoholen können auch noch andere flüchtige Stoffe registriert werden, die wichtige Hinweise für die Beurteilung der Widmark- und auch ADH-Werte geben können.

Die Bedeutung des Acetaldehyds für die Bestimmung des Alkoholabbaufaktors wurde bereits erwähnt. Die Feststellung von Machata, daß Acetaldehyd nur im Blut oder hämolytischen Serum durch seine lockere Bindung an die Erythrozyten gefunden werden kann, wird durch seine Häufigkeit von 45 % bei den eigenen Serumuntersuchungen nicht widerlegt, denn im Blut ist es fast hundertprozentig vorhanden. Das Vorkommen im Serum läßt sich erklären, wenn man eine gewisse, nicht erkannte Hämolyse und eventuell auch eine Veränderung der Erythrozyten durch die Lagerung in Betracht zieht. Vielleicht kommt auch eine Neubildung nach Truitt durch Präzipitation oder Hämolyse (9) in Frage. Eine Verwendung dieser, im gleichen Arbeitsgang ermittelten Werte für die Bestimmung des Abbaufaktors nach Machata ist jedoch wegen der relativ groben Einstellung des FID nicht gegeben.

2.3.2. Aceton.

Die Feststellung von Aceton im Blut hat, wie schon erwähnt, kaum forensische Bedeutung. Lediglich sehr hohe Aceton-Werte können dazu beitragen, die entsprechenden Widmark-Werte mit Vorbehalt zu verwerten.

F. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden insgesamt 866 Blutproben, deren Alkoholgehalt 4 - 5 Monate vorher nach der Widmark- und ADH-Methode bestimmt worden war, mit dem GC-Automaten Multifrakt F 40 und einer Hallcomid-Säule nachuntersucht. Die Ergebnisse waren wider Erwarten hoch und die Streuung der relativen Abweichung von den klassischen Methoden teilweise beträchtlich. Gründe für diesen Befund wurden in den Arbeitsbedingungen und nicht in einem Mangel der Methode gesehen:

1. Bei den routinemäßigen Untersuchungen nach den klassischen Methoden werden die niedrigst vertretbaren Blutalkoholwerte angegeben, um eine Benachteiligung des Beschuldigten vor Gericht zu vermeiden.
2. Umrechnungsfehler waren hier in größerem Maße zu erwarten, da in sehr unterschiedlich zusammengesetzten Proben gemessen werden mußte, während für die klassischen Methoden fast ausschließlich Serum verwandt wurde. Der der Alkoholkonzentration proportionale Wassergehalt und die den Dampfdruck beeinflussende Zusammensetzung des Blutes ist außerdem bei länger gelagerten Bluten ohne Zusatzuntersuchung nicht feststellbar.
3. Es besteht die große Wahrscheinlichkeit, daß durch Fäulnis der länger gelagerten Proben Äthanol gebildet wurde.

Die gleichzeitig als verschiedene Fuselalkohole, Acetaldehyd und Aceton identifizierten Peaks wurden ausgewertet und deren Bedeutung für die forensische Praxis dargestellt.

G. LITERATUR

1. P. V. Lundt und E. Jahn Gutachten des Bundesgesundheitsamtes zur Frage "Alkohol bei Verkehrsstraftaten", Kirschbaum-Verlag Bad Godesberg, 1966, S. 14/15.
2. O. Grüner Der gerichtsmedizinische Alkoholnachweis, Carl Heymanns Verlag Köln, 1967, S. 21, 87, 171, 173, 183, 197, 243 ff., 254 ff., 300.
3. W. Laves Der Strassenverkehrsunfall, Enke Verlag, Stuttgart, 1956, S. 155.
4. H. Elbel u. F. Schleyer Blutalkohol, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1956, S. 126.
5. W. Dürwald Gerichtsmedizinische Untersuchungen bei Verkehrsunfällen, VEB Georg Thieme, Leipzig, 1966.
6. H.-J. Wagner Handbuch der Verkehrsmedizin, Springer Verlag, Berlin, 1968.
7. H. F. Schulz Verlag Freiburg i. Br. Konferenzbericht d. 5. Intern. Konferenz über Alkohol und Verkehrssicherheit, 1969, II S. 90.
8. G. A. Martini and Ch. Bode Metabolic Changes Induced by Alcohol, Springer Verlag, New York 1971, S. 59.
9. B. Kissin and H. Begleiter The Biology of Alcoholism, Vol. 1 Plenum Press, New York - London, 1971, S. 163, 210, 276, 381, 444.

10. E. Weinig u.
L. Lautenbach Die Beurteilung von Alkoholbefunden in Leichenblutproben, Blutalkohol 1962, Heft 6.
11. E. Weinig, W. Schwerd
und L. Lautenbach Die Neubildung von Äthanol, Methanol und anderen Alkoholen im Leichenblut und ihre forensische Bedeutung, Beitr. zur gerichtl. Med. 21; 11, 1961.
12. G. Machata Über die gaschromatographische Blutalkoholbestimmung, Blutalkohol, 1967, Heft 5.
13. E. Steigleder Die Bewertung von Blutalkoholuntersuchungen in länger gelagerten Blutproben, Blutalkohol 1961, Heft 3.
14. G. Machata und
L. Prokop Über Begleitsubstanzen alkoholischer Getränke im Blut, Blutalkohol 1971, .
15. G. Machata und
L. Prokop Alkoholabbau und Acetaldehyd Blutalkohol, 1971.
16. G. Machata Fortschritte bei der Bestimmung des Blutalkohols, Beitr. zur gerichtl. Med. 28, 1971.
17. G. Hauck und
H.P. Terfloth Untersuchungen zur automatischen Blutalkoholbestimmung nach der "head space"- Methode, Chromatographia 2, 1969, Heft 7.

18. G. Hauck und
H.P. Terfloth Untersuchungen an einem automa-
tischen Gaschromatographen im Hin-
blick auf die routine mäßige Blut-
alkoholanalyse, Blutalkohol 1970,
Heft 4.
19. G. Hauck, J. Janzen
und H.P. Terfloth Die Erfassung von Lösungsmitteln
bei der automatischen Blutalkohol-
bestimmung mit dem Multifrakt F 40,
Blutalkohol 1970, Heft 1.
20. D. Jentzsch, H. Krüger
und G. Lebrecht Leistungsfähigkeit und Anwendbar-
keit des GC-Automaten Multifrakt
F 40, Angewandte Gaschromatogra-
phie, 1967, Heft 9.
21. Perkin-Elmer GC-Automat Multifrakt F 40 zur Dampfphaseana-
lyse, Prospekt der Fa. Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co. GmbH
Überlingen.
22. V. Sachs und
B. Muthling Vergleichende Untersuchungen zwis-
chen Blutalkoholbestimmungen
nach der Widmark- und nach der
Fermentmethode, Blutalkohol 1961,
Heft 3.
23. W. Schwerd, Th. Dimmling Der Einfluß bakterieller Verun-
reinigungen auf den Alkoholgehalt
länger gelagerter Blutproben
Blutalkohol 1967, Heft 7.
24. G. Nagel Isopropylalkohol im Blut
Blutalkohol 1969, Heft 7.
25. Th. Reich Idee und Praxis der medizinischen
Statistik, Verlag Hans Huber, Bern
und Stuttgart, 1964.

Für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes und die Übernahme des Korreferats möchte ich mich beim Direktor des Instituts für Rechtsmedizin, Herrn Prof. Dr. med. W. Spann bedanken.

Ebenso gilt mein Dank Herrn Privatdozent Dr. med. E. Liebhardt für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn L. v. Meyer, wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Rechtsmedizin für die zahlreichen Hinweise und die Unterstützung bei der Auswertung der Arbeit.

LEBENS LAUF

Geburtstag und Geburtsort: 23. 5. 1946; Berlin.

Eltern: Dr. med. Karl-Heinz Pauly, Arzt
für Allgemeinmedizin;
Sigrid Pauly, geb. Wolfermann,
Krankengymnastin.

Schulbildung: 1952 - 56 Volksschule;
1956 - 66 Gymnasium, Abschluß
Abitur.

Studiengang: Ab Wintersemester 1966/67 Studium
der Medizin an der Universität
München; Anmeldung zum medizinischen
Staatsexamen für Herbst
1972.

Heirat: 13. 10. 1972;
Dipl.-ing. Herbert Hoffmann.

